



## Zasady i cele kladystyki

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Film](#)
- [Grafika interaktywna](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Odlewy czaszek dinozaurów z rodziny ceratopsów (Ceratopsidae) ułożone na kształt drzewa ich filogenezy.

Źródło: Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 4.0.

Za twórcę kladystyki uważa się niemieckiego zoologa Williego Henniga, który w 1950 roku wydał książkę określającą zasady hierarchicznej klasyfikacji organizmów, nazywane przez niego systematyką filogenetyczną. Sam termin „kladystyka” został ukuty przez biologa ewolucyjnego Ernsta Mayra i co ciekawe, pochodzi z jego głośnej polemiki z założeniami Henniga. Mayr podważał między innymi stwierdzenie, że ptaki i krokodyle są grupami siostrzanymi, czyli najbliższymi spokrewnionymi.

### Twoje cele

- Porównasz sposoby klasyfikowania organizmów według metod fenetycznych i filogenetycznych.
- Omówisz cele i zasady kladystyki.
- Wyjaśnisz, czym są taksony oraz jak się je wyodrębnia i szereguje.
- Zdefiniujesz pojęcie kladogramu.
- Przeanalizujesz przykładowy kladogram i wyciągniesz wnioski o pokrewieństwie ewolucyjnym wskazanych organizmów.

# Przeczytaj

---

## Współczesne badania taksonomiczne

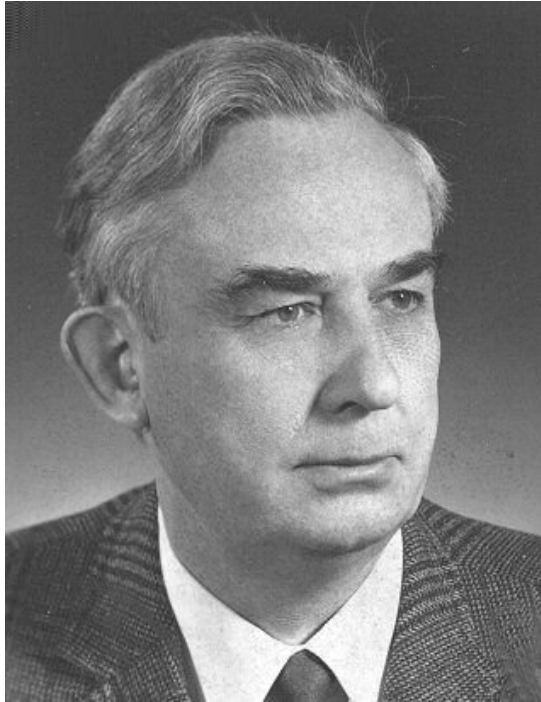
### Fenetyka

Fenetyka to metoda klasyfikacji organizmów uwzględniająca wyłącznie ogólne podobieństwa ich cech anatomicznych, embriologicznych, biochemicznych, behawioralnych itp. Ze względu na występowanie [konwergencji](#) i [paralelizmu ewolucyjnego](#), a także dużą liczbę cech wspólnych, odziedziczonych po przodkach, które nie różnicują grup systematycznych, klasyfikacja fenetyczna nie odzwierciedla genealogii ewolucyjnej organizmów. Ten sposób klasyfikacji łączy formy podobne, choć na ogół ze sobą niespokrewnione, czego przykładem mogłyby być zaliczenie ukwiałów do królestwa roślin (błędne, ponieważ oparte na podobieństwie, a nie pokrewieństwie). Dlatego też fenetyka ustępuje metodzie filogenetycznej.

### Filogenetyka

Filogenetyka jest działem biologii ewolucyjnej zajmującym się rekonstrukcją genealogii ewolucyjnej, czyli [filogenezą](#) poszczególnych grup systematycznych. Filogenetyka ściśle wiąże się z [systematyką organizmów](#), gdyż jej celem jest wyjaśnienie pokrewieństwa pomiędzy ich grupami. Do nurtu filogenetycznego w badaniach taksonomicznych należy **kladystyka**.

# Zasady kladystyki (systematyki filogenetycznej)



Kladystyka to metoda klasyfikacji organizmów i ustalania ich historii ewolucyjnej sformułowana w 1950 r. przez niemieckiego entomologa **Williego Henniga**. Formalną jednostką tej klasyfikacji jest **takson**.

Willi Hennig – twórca zasad kladystyki, zwanej także systematyką filogenetyczną.

Źródło: Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 3.0.

## Ważne!

Taksony wyodrębnia się według przyjętych zasad, a następnie szereguje w porządku hierarchicznym (od najwyższego):

- królestwo roślin: **gromada, klasa, rząd, rodzina, rodzaj, gatunek**;
- królestwo zwierząt: **typ, gromada, rząd, rodzina, rodzaj, gatunek**.

Wyróżnia się także **podgatunek** (w królestwie zwierząt) i **odmianę** (w królestwie roślin).

W ujęciu kladystycznym poszczególne taksony wyodrębnia się na podstawie **cech apomorficznych**, tj. pojawiających się po raz pierwszy w ewolucji badanej grupy i następnie dziedziczonych przez gatunki potomne. Przykładem cechy apomorficznej

jest występowanie błon płodowych u owodniowców. Podczas wyodrębniania poszczególnych taksonów pomija się **cechy plezjomorficzne**, czyli cechy odziedziczone po przodkach ewolucyjnych badanej grupy. Przykładem cechy plezjomorficznej jest obecność kręgosłupa u kręgowców (w tym ssaków). Aby stwierdzić, czy dana cecha jest apo- czy plezjomorficzna, należy ustalić stopień pokrewieństwa między osobnikami ją wykazującymi, czyli ustalić, czy występuje cecha **homologiczna**.

W niektórych taksonach mogą pojawiać się cechy podobne, które nie zostały odziedziczone od wspólnego przodka. Są to tzw. cechy **analogiczne**, które mogą wynikać z konwergencji lub paralelizmu ewolucyjnego.

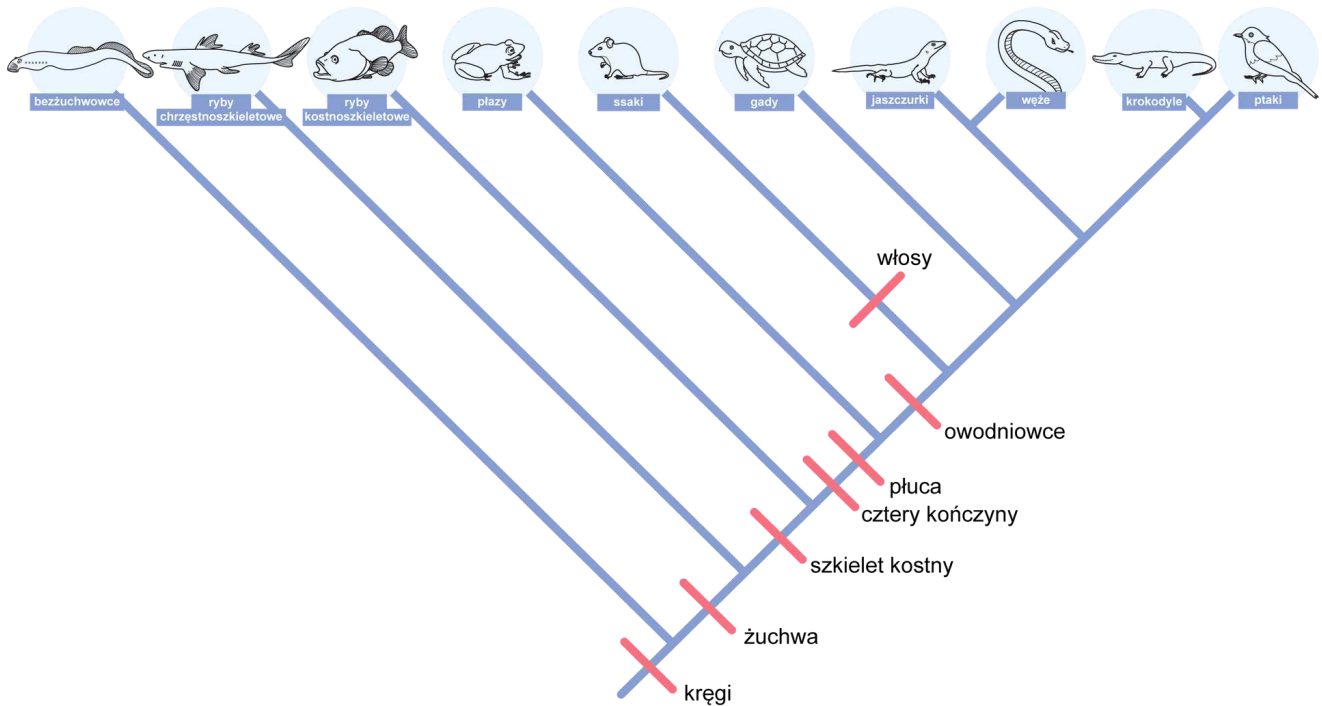
Przykładem paralelizmu ewolucyjnego jest podobieństwo w uzębieniu wilka tasmańskiego (wilk workowaty) i wilka łożyskowego, natomiast przykładem konwergencji jest np. opływowy kształt ciała organizmów wodnych, tj. ryb i ssaków żyjących w wodzie (np. delfin, wieloryb).

Ze względu na fakt, że cechy analogiczne nie mają wspólnego pochodzenia, nie są one uznawane za charakterystyczne dla naturalnych jednostek taksonomicznych. Wydzielane przez kladystykę taksony muszą być bowiem ściśle **monofiletyczne**, tzn. obejmować gatunek wyjściowy i wszystkie – bez wyjątku – jego gatunki potomne.

### **Ważne!**

Tylko cechy homologiczne dają podstawy do łączenia dwóch lub więcej taksonów w jedną grupę (takson) wyższego rzędu.

Konsekwentne stosowanie zasad kladystycznych w systematyce prowadzi do odrzucenia wielu tradycyjnych taksonów i wprowadzenia nowych, często niewygodnych w używaniu. Dlatego też w praktyce biologowie posługują się nieraz grupami **parafyletycznymi**, które obejmują od dawna wydzielane jednostki. Na przykład ryby, wyodrębnione na podstawie ich planu budowy i ogólnego podobieństwa ciała, nie są grupą monofiletyczną, gdyż nie obejmują wszystkich potomków hipotetycznego pierwszego gatunku ryb – z punktu widzenia kladystyki nie jest to więc poprawnie wydzielony takson.



Kladogram kręgowców. Kladogram jest graficznym przedstawieniem pokrewieństwa grup organizmów. Nie uwzględnia on czasu pojawiania się nowych linii ewolucyjnych.

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Drzewo filogenetyczne strunowców. Najwcześniej wyewoluowały kręgowce, zaś najpóźniej owodniowce i Lissamphibia. Drzewo filogenetyczne, w odróżnieniu od kladogramu, uwzględnia czas pojawiania się nowych linii ewolucyjnych.

Źródło: Angela268, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 4.0.

## Słownik

### analogia

podobieństwo struktur u organizmów różnych taksonów, wynikające z przystosowania do pełnienia tej samej funkcji; przykładem mogą być skrzydła owadów i skrzydła ptaków

### filogeneza

(gr. *phylē* – plemię, *gēnesis* – pochodzenie) rozwój rodowy organizmów; przebieg ewolucyjnego różnicowania organizmów jako rezultat wyodrębniania się nowych linii rozwojowych i wymierania innych; graficznym przedstawieniem filogenezy jest drzewo filogenetyczne

## **homologia**

podobieństwo struktur (lub genów) u organizmów różnych taksonów, wynikające ze wspólnego pochodzenia; przykładem są przednie kończyny ssaków: ręce człowieka, skrzydła nietoperza i płetwy wieloryba

## **klad**

(gr. *kládos* – pęd, odrośl, gałąź) naturalna biologiczna jednostka taksonomiczna obejmująca gatunek wyjściowy i wszystkie gatunki potomne

## **kladogeneza**

proces biologiczny prowadzący do powstania dwóch lub więcej linii ewolucyjnych

## **konwergencja**

podobieństwo cech morfologicznych, fizjologicznych lub biochemicznych występujących u organizmów niespokrewnionych blisko ze sobą i wywołanych przystosowaniem do spełniania podobnych funkcji; jednym z najbardziej charakterystycznych przykładów konwergencji jest budowa oka głowonogów (np. ośmiornic) i kręgowców

## **monofiletyzm**

pochodzenie danej grupy taksonomicznej od jednego przodka, od jednej grupy wyjściowej, w zasadzie od jednego gatunku; wg zasad systematyki organizmów grupa monofiletyczna musi nie tylko pochodzić od jednego gatunku, ale i obejmować wszystkie jego gatunki potomne (holofiletyzm)

## **parafiletyzm**

pochodzenie danej grupy taksonomicznej od jednego przodka, z czego grupa ta obejmuje tylko część jego gatunków potomnych

## **paralelizm ewolucyjny**

przebiegające w dwu odrębnych liniach ewolucyjnych podobne trendy ewolucyjne, dotyczące cech nieobecnych u wspólnego przodka, przybierających podobną formę (lub właściwości funkcjonalne) w odpowiedzi na podobny zespół czynników środowiskowych

### **systematyka organizmów**

dawniej: taksonomia; dziedzina biologii zajmująca się wyróżnianiem (a więc również nazywaniem) i naturalną klasyfikacją grup organizmów (taksonów)

# Film

---

## Zasady i cele kladystyki

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D13jnJgix>

Zasady i cele kladystyki

Źródło: reż. Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Film nawiązujący do treści materiału

---

### Polecenie 1

Obejrzyj film, a następnie wyjaśnij, na czym polega binominalne nazewnictwo gatunków.

### Polecenie 2

Porównaj sposoby klasyfikowania organizmów według metod fenetycznych i filogenetycznych.

### Polecenie 3

Wyjaśnij, w jakim celu konstruuje się kladogramy, oraz wymień ich trzy podstawowe cechy.

# Grafika interaktywna

---

## Analiza kladogramu

Źródło: Klaudia Kędzia, licencja: CC BY-SA 3.0.

### Polecenie 1

Przeanalizuj grafikę interaktywną, a następnie zastanów się, jak można stworzyć kladogram z czterech owoców: czerwonego jabłka, banana, zielonego jabłka oraz brzoskwini. Wyjaśnij, który owoc stanowi grupę zewnętrzną oraz które dwa owoce są ze sobą najbliżej spokrewnione. Odpowiedź uzasadnij.

### Polecenie 2

Wyjaśnij, czym różni się kladogram od drzewa filogenetycznego.

# Dla nauczyciela

---

**Autor:** Sylwia Brawata

**Przedmiot:** biologia

**Temat:** Zasady i cele kladystyki

**Grupa docelowa:** uczniowie III etapu edukacyjnego – kształcenie w zakresie rozszerzonym

**Podstawa programowa:**

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

V. Zasady klasyfikacji i sposoby identyfikacji organizmów. Uczeń:

- 1) wnioskuje na podstawie analizy kladogramów o pokrewieństwie ewolucyjnym organizmów;
- 2) rozróżnia na drzewie filogenetycznym grupy monofiletyczne, parafiletyczne i polifiletyczne; wykazuje, że klasyfikacja organizmów oparta jest na ich filogenezie;

**Kształtowane kompetencje kluczowe:**

- kompetencje cyfrowe;
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się;
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii.

**Cele operacyjne (językiem ucznia):**

Uczeń:

- porównuje sposoby klasyfikowania organizmów według metod fenetycznych i filogenetycznych;
- przedstawia cele i zasady kladystyki;
- wyjaśnia, czym są taksony oraz jak się je wyodrębnia i szereguje;
- definiuje pojęcie kladogramu;
- wnioskuje na podstawie analizy kladogramu o pokrewieństwie ewolucyjnym organizmów;
- wyjaśnia, czym różni się kladogram od drzewa filogenetycznego.

**Strategie nauczania:**

- konstruktywizm;
- konektywizm.

**Metody i techniki nauczania:**

- z użyciem komputera;
- ćwiczenia interaktywne;
- mapa myśli;
- praca z filmem;
- analiza grafiki interaktywnej.

### **Formy pracy:**

- praca indywidualna;
- praca w parach;
- praca w grupach;
- praca całego zespołu klasowego.

### **Środki dydaktyczne:**

- komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do internetu;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica, pisak/kreda;
- arkusze papieru A2, flamastry.

### **Przed lekcją:**

Uczniowie zapoznają się z treścią e-materiału w sekcji „Przeczytaj”.

### **Przebieg lekcji**

#### **Faza wstępna:**

1. Wybrana osoba odczytuje wprowadzenie do e-materiału. Nauczyciel prosi uczniów, aby odwołali się do swojej wiedzy zdobytej na wcześniejszych etapach edukacji i zastanowili się, na jakiej podstawie Willi Hennig twierdził, że ptaki i krokodyle są grupami siostrzanymi. Nauczyciel weryfikuje podawane przez uczniów argumenty i podsumowuje je.
2. Nauczyciel krótko omawia przebieg lekcji i przedstawia jej cele.

#### **Faza realizacyjna:**

1. Nauczyciel wyświetla film pt. *Zasady i cele kladystyki*. Wskazane osoby definiują pojęcia: kladystyka, klad, kladogram, takson.
2. Chętny uczeń wyjaśnia, na czym polega binominalne nazewnictwo gatunków. Uczniowie łączą się pary i w zasobach internetowych wyszukują przykłady dwuczłonowego nazewnictwa gatunkowego. Każda para powinna wyszukać co najmniej 10 nazw.
3. Nauczyciel dzieli uczniów na cztery grupy i prosi ich, by na podstawie e-materiału opracowali mapę myśli dotyczącą przydzielonych zagadnień:

- o grupa I i II – różnice w klasyfikacji organizmów według metod fenetycznych oraz filogenetycznych;
- o grupa III i IV – zasady kladystyki: uszeregowanie taksonów oraz cechy, na podstawie których się je wyodrębnia.

Grupy otrzymują po dwa arkusze papieru A2 i na jednym z nich sporządzają mapę myśli. Następnie wybierają po dwóch ekspertów, którzy najlepiej opanowali otrzymane zagadnienia. Eksperci zamieniają się grupami (I z III, II z IV) i przekazują zdobytą wiedzę. Uczniowie z drugiej grupy robią na drugim arkuszu notatki w formie mapy myśli, porządkując informacje przekazywane przez eksperta. Po upływie wyznaczonego czasu eksperci wracają do swoich grup. Grupy prezentują wyniki swojej pracy, nauczyciel uzupełnia brakujące informacje, koryguje ewentualne błędy.

4. Nauczyciel wyświetla grafikę interaktywną. Wspólnie z uczniami analizuje ją, a następnie prosi podopiecznych, by w parach wykonali odnoszące się do niej polecenie nr 1. Po upływie wyznaczonego czasu wybrane pary prezentują swoje odpowiedzi w formie sporządzonych kladogramów na forum klasy. Nauczyciel razem z uczniami ocenia ich poprawność.

#### **Faza podsumowująca:**

1. Uczniowie dobierają się w pary, jedna osoba z każdej pary losuje karteczkę z napisanym pojęciem poznanym w czasie lekcji (propozycje zagadnień znajdują się w materiałach pomocniczych). W ciągu 2 minut każda para formułuje pytanie rozpoczynające się od „Jest to...” dotyczące wylosowanego pojęcia i kieruje to pytanie do wskazanej innej pary. W ten sposób kolejno postępuje każda para.
2. Nauczyciel ocenia pracę uczniów.

#### **Praca domowa:**

1. Dla wszystkich: Wyjaśnij, czym różni się kladogram od drzewa filogenetycznego.
2. Dla zainteresowanych: Wyjaśnij, na czym polega tworzenie drzew filogenetycznych zbudowanych na podstawie DNA.

#### **Materiały pomocnicze:**

Zagadnienia podsumowujące (nauczyciel przed lekcją zapisuje je na niewielkich kartkach):

- fenetyka;
- filogenetyka;
- kladystyka;
- klad;
- kladogram;
- takson;
- cechy apomorficzne;

- homologia;
- konwergencja;
- monofiletyzm;
- polifiletyzm;
- grupy parafiletyczne;
- moment dywergencji.

**Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania filmu:**

Nauczyciel może wykorzystać film pt. *Zasady i cele kladystyki* na lekcjach przekrojowych poświęconych przeglądowi systematycznym wybranych gromad, by wyjaśnić zasady klasyfikacji organizmów.